

## 細棒への直交する屈曲振動の励振と超音波モータへの応用(1)

その他（別言語等）のタイトル	Study on two orthogonal flexural vibrations excited on a slender pipe and an application to ultrasonic motor
著者	高野 剛浩, 田村 英樹, 富川 義朗, 青柳 学
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2008年秋季
ページ	1301-1302
発行年	2008-09
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1677">http://hdl.handle.net/10258/1677</a>

## 細棒への直交する屈曲振動の励振と超音波モータへの応用(1)

その他（別言語等） のタイトル	Study on two orthogonal flexural vibrations excited on a slender pipe and an application to ultrasonic motor
著者	高野 剛浩, 田村 英樹, 富川 義朗, 青柳 学
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2008年秋季
ページ	1301-1302
発行年	2008-09
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1677">http://hdl.handle.net/10258/1677</a>

## 細棒への直交する屈曲振動の励振と超音波モータへの応用(1)\*

—円環振動子の非軸対称振動を利用する構成—

○高野 剛浩 田村 英樹 富川 義朗 青柳 学

(東北工大) (山形大工) (山形大工) (室蘭工大)

**まえがき：** 筆者らは、振動減衰のある材料に屈曲振動を励振することにより、進行波が支配的となる超音波伝送路を構成し、その進行波を利用することにより物体（粉体）の搬送ができることを報告した[1-2]。伝送路への屈曲振動の励振方法は、駆動源として圧電セラミック円環振動子を用いたもので、そのなかで円環振動子の縮退する $((1,1)) - ((1,1))'$ モードを用いることにより、超音波伝送路に直交する屈曲振動を励振し、その直交する2つの振動に $90^\circ$ の位相差を与えることにより、パイプの中の粉体を回転しながら搬送できることも示した[1-2]。

一方、R. Carotenuto 等は駆動源に圧電セラミック円板振動子の厚み方向屈曲振動の傾斜成分を用いて超音波伝送路（光ファイバ）に屈曲振動（定在波）を励振し、その先端で駆動力が取り出せることを報告している[3]。

本研究で報告する超音波モータは、駆動源として圧電セラミック円環の縮退モードを用い、超音波伝送路として振動減衰の少ない材料（ステンレス）を用いて、直交する屈曲振動を励振し、その先端で形成される変位の楕円運動から駆動力を取り出すものである[4]。

**振動モードとモータ構造：** 円環の非軸対称振動 $((n,m))$ モード（ $n$ ：円周次数、 $m$ ：高調波次数）には、それぞれのモードに直交する縮退モードが存在し、超音波モータへの利用を前提にモード解析等が詳しく報告され、超音波モータの構成も示されている[5]。これらのモードの中で、 $n=1$ のモード $((1, m))$ は円環の中心部の変位が大きく、今回の構成には都合が良い。例としてFig.1 に実験に用いた $((1,1))$ モードを示している。このモードには同図(b)に示すように直交する縮退モードが存在し、これらのモードを $90^\circ$ の位相差で駆動することにより、円環の

内周、外周面に変位の楕円運動が形成される。したがって内周、外周面から駆動力を取り出せば超音波モータとして利用できる[5]。

Fig.2 に $((1,1))$ モードを利用した超音波モータの構造図を示している。超音波伝送路として直径5.0mm、内径3.0mmのステンレスパイプを用いた。パイプの長さは15cmでその先端に図に示すようなロータ（真鍮製）を、パイプの内周面に加圧するように取り付けている。ロータは、他端で加圧が調整できる構造となっている。振動子には、硬質アルミ円環の両面にFig.2(b)のように分割分極した圧電セラミックスを接着した円環振動子を用いた。

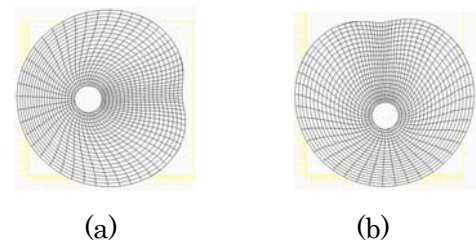


Fig.1 Non-axisymmetric vibration modes of an annular plate

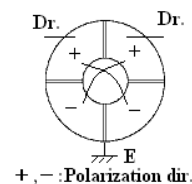
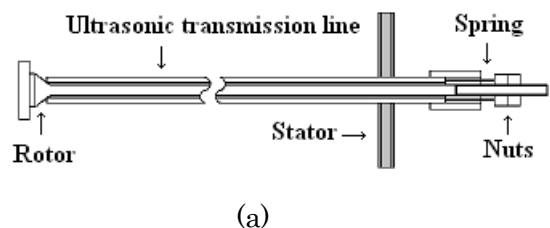


Fig.2 (a) Motor construction using an ultrasonic transmission line, (b) Stator vibrator.

\* Study on two orthogonal flexural vibrations excited on a slender pipe and an application to ultrasonic motor.  
By T.Takano (Tohoku Institute of Technology), H.Tamura, Y.Tomikawa (Yamagata University) and M.Aoyagi (Muroran Institute of Technology).

**試作モータの特性：** Table1 に円環振動子のサイズを示す。外径が 30mmの振動子を用いた。((1,1))モードの共振周波数は 66.8kHzである。Fig.3 に((1,1))モードで駆動したときのパイプ表面上の振動速度の測定値を示している。図の左側が振動子の部分で、パイプ上には定在波が立っていることが分かる。図で不連続な箇所は、振動子の円周部分である。2 相駆動するモード回転型の場合、((1,1))・((1,1))' モードには共通のnodeが存在しないので、このモータの支持にはパイプのnode部を固定支持することになる。また端部によらず、どのループ部からでも駆動力は取り出せる。振動子の円周部分が屈曲振動のloopになっていないが、これは振動子の左側にもパイプが突き出ている影響と考えられる。この部分がパイプの振動特性に大きな影響を与えると思われるので、今後モータ構造も含めて検討したい。

Fig.4 に試作モータの写真を示している。モータ全体の支持は、同図に示すように屈曲振動の node 点を、O リングを介し締め付け支持しているが、この方法では締め付け具合によってモータの回転特性に多少の影響が生じた。入力に対する回転特性を Fig.5 に示している。与圧が小さい場合、入力 10Vrms で 1200rpm の回転数であるが、加圧を強くすれば低速で高トルクな特性が得られる。高トルクなモータを構成する場合は、ロータ構造も含めて駆動力の取り出し方を検討する必要がある。

**あとがき：** このモータの特長は、ステータとロータが分離して構成できる点にあり、加えて超音波伝送路の節部 (node 部) を固定支持できるので、ステータとロータを異なる環境に置き使用できることであり、超音波波モータの応用分野の拡大につながるものと期待されるので今後さらに検討したい。

#### 参考文献：

- [1] T. Takano et al., Jpn. J. Appl. Phys., Vol.30, Suppl. 30-1, pp. 200-202, 1991.
- [2] 高野,富川:VSTech'99 振動・音響新技術シンポジウム講演論文集, No.213, pp.134-137, 1999.
- [3] R. Carotenuto et al., APPLIED PHYSICS LETTERS, Vol.77, No.12, 2000-9.
- [4] 高野他:「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム予稿集
- [5] T. Takano et al., IEEE Trans. UFFC, Vol.39, No.6, pp. 558-565, 1992.

Table1 Dimensions of the vibrator.

振動子の直径	30.0 mm
振動子の内径	5.0
振動子の厚さ	3.0
アルミの厚さ	2.0
セラミックスの厚さ	0.5×2

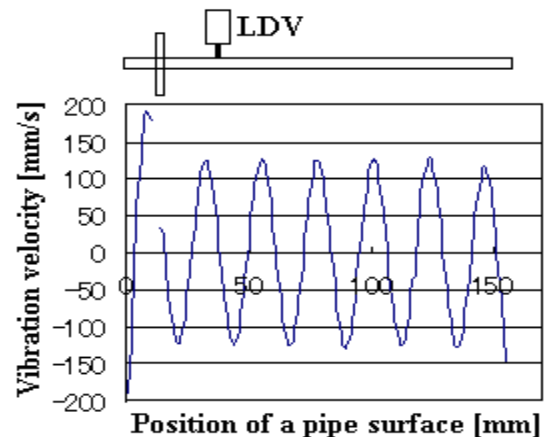


Fig.3 Vibration velocity along the pipe surface

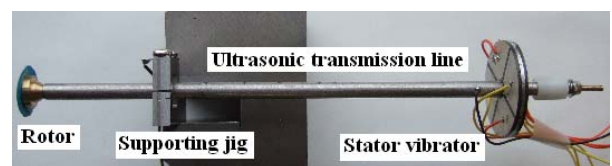


Fig.4 Trial motor using an ultrasonic transmission line

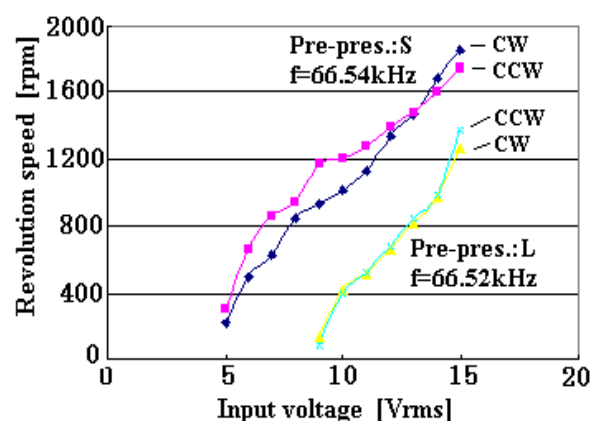


Fig.5 Characteristics of the trial motor.